

Системный взгляд на эффективность развития гидроэнергетики России

A systematic view on the effectiveness of the development of hydropower in Russia

Федор ВЕСЕЛОВ

Заместитель директора ИНЭИ РАН, к. э. н.

E-mail: erifedor@mail.ru

Оксана МАШИРОВА

Заместитель директора по стратегии
Департамента стратегии и перспективного
развития ПАО «РусГидро»

E-mail: Mashirovaov@rushydro.ru

Татьяна РАДЧЕНКО

Первый заместитель генерального
директора Фонда «Центр стратегических
разработок», к. э. н.

E-mail: taradchenko@gmail.com

Роман БЕРДНИКОВ

Член правления, первый заместитель
генерального директора ПАО «РусГидро»

E-mail: BerdnikovRN@rushydro.ru

Ирина ВОЛКОВА

Заместитель директора института
экономики и регулирования
инфраструктурных отраслей,
Национальный исследовательский
университет «Высшая школа
экономики», д. э. н.

E-mail: iovolkova@hse.ru

Сергей САСИМ

Директор центра исследований
в электроэнергетике института
экономики и регулирования
инфраструктурных отраслей,
Национальный исследовательский
университет «Высшая школа
экономики», к. э. н.

E-mail: ssasim@hse.ru

Аннотация. Гидроэнергетическая отрасль, как часть электроэнергетики, способствует решению двух важнейших задач: надежной и бесперебойной работе энергосистемы и низкоуглеродному развитию экономики России. Однако, кроме энергетической и экологической функций, гидроэнергетические объекты формируют комплексные социально-экономические эффекты для развития экономики регионов их размещения и других отраслей национальной экономики. Системная оценка эффектов, сопутствующих строительству ГЭС, позволяет более обоснованно подходить к решениям по реализации этих проектов и масштабам их государственной поддержки, исходя из более полной картины затрат и выгод для экономики и общества. В статье рассматривается разработанный авторами методический подход к многокритериальной оценке эффектов, возникающих на стадиях строительства и эксплуатации гидроэлектростанций и отражающих в стоимостных и натуральных единицах влияние на экономическую, социальную сферу, вклад в достижение экологических целей и энергообеспеченность региона размещения. Представлены результаты апробации на примере нескольких ГЭС, включенных в генеральную схему размещения объектов электроэнергетики.

Ключевые слова: гидроэнергетика, гидроэлектростанция, электроэнергетика, эффективность, системная оценка, методический подход.

Abstract. The hydropower sector, as part of the electric power industry, contributes to the solution of two important tasks of the energy strategy: reliable and uninterrupted operation of the power system and low-carbon development of the Russian economy. However, in addition to energy and environmental functions, hydro power plants form complex socio-economic effects for the development of the economy of the regions where they are located and other sectors of the national economy. A system-based assessment of the effects associated with the hydroelectric power plants construction and operation allows a more reasonable approach to decisions on the implementation of these projects and the scale of their state support, based on a more complete picture of the costs and benefits for the economy and society. The article considers the methodological approach developed by the authors to a multi-criteria assessment of the effects arising at the stages of construction and operation of hydroelectric power plants and reflecting in monetary and natural units the impact on the economic, social sphere, contribution to the achievement of environmental goals and energy security of the plant's location region. The results of the approbation are presented on the example of several hydroelectric power plants included in the General Plan of Electric Power Facilities Allocation.

Keywords: hydropower, hydroelectric power plant, electric power industry, efficiency, system-based assessment, methodological approach.

ГЭС в современных реалиях энергетической и климатической политики – недоучтенные возможности

В мировой энергетической повестке на первый план, наряду с обеспечением стабильной работы энергосистем и надежного энергоснабжения потребителей, выходят задачи перехода к экологически чистым источникам энергии. Для их решения каждая страна стремится к наращиванию низко- и безуглеродной генерации, поддер-

живая оптимальный баланс источников в соответствии с национальными приоритетами и планами по экономическому росту и декарбонизации экономики [1, 2]. Стратегической целью российской климатической политики является углеродная нейтральность к 2060 г. Для ее достижения в электроэнергетике есть хороший «задел». Совокупная доля безуглеродной генерации, включая гидроэнергетику, атомную, солнечную, ветровую и геотермальную энергию, в структуре генерирующей мощности составляет около 35%, а в производстве электроэнергии – около 40%.

В рамках глобального энергетического перехода роль гидроэнергетики, как долгосрочного источника чистой возобновляемой энергии, замещающего технологии сжигания топлива, только повышается. Важно отметить, что все страны, имеющие гидропотенциал, активно его используют [3]. По данным МЭА, с начала века за два десятилетия мировое производство электроэнергии на ГЭС выросло почти в 1,7 раз. В 2022 г. в мире было введено в эксплуатацию рекордное количество новых гидроэнергетических мощностей – более 34 ГВт, в том числе более 10 ГВт ГАЭС. Страны-лидеры с самыми низкими уровнями углеродных выбросов (ниже или около 100 г CO₂-экв./кВт·ч. такие как Норвегия, Швейцария, Бразилия и Канада) сделали ставку на классическую гидрогенерацию.

По имеющимся запасам гидроэнергетических ресурсов Россия занимает 2 место в мире после Китая. Ее доля достигает около 9% от общего мирового гидропотенциала [4]. У России существует колоссальный неосвоенный гидропотенциал, особенно в Сибири и на Дальнем Востоке, и имеются уникальные возможности по его освоению на базе отечественных технологий. На гидроэлектростанциях практически все основное оборудование (включая турбины и гидроагрегаты) российского производства. Вся производственная цепочка от работ по проектированию до строительства обеспечивается российскими компаниями, в том числе проектно-строительным комплексом. Строительство новых ГЭС формирует промышленный заказ на российское оборудование, максимизируя межотраслевой вклад в ВВП, а также способствует повышению уровня технологического суверенитета электроэнергетической отрасли.

У России существует колоссальный неосвоенный гидропотенциал, особенно в Сибири и на Дальнем Востоке, и имеются уникальные возможности по его освоению на базе отечественных технологий



Зеленчукская ГЭС-ГАЭС
Источник: ru.m.wikipedia.org

Общая установленная мощность гидроэлектростанций России составляет 52,6 ГВт. За последнее десятилетие Группой «РусГидро» были построены и введены в эксплуатацию 4,5 ГВт мощностей ГЭС, в том числе Гоцатлинская ГЭС, Зарамагская ГЭС, Зеленчукская ГЭС-ГАЭС, Кашхатау ГЭС, Нижне-Бурейская ГЭС, Усть-Среднеканская ГЭС, а также Богучанская ГЭС, построенная в рамках совместного проекта БЭМО (Богучанское энергометаллургическое объединение). В настоящее время доля гидрогенерации в структуре генерирующей мощности России достигает около 20%, производство электроэнергии на основе гидроресурсов – около 18%.

С 2000 г. производство электроэнергии на ГЭС России увеличилось в 1,3 раза. Опережающий рост потребления электроэнергии в Сибири и на Дальнем Востоке, связанный со строительством новых производств и развитием транспорта, создает возможности для более активного развития гидроэнергетики. В актуализированной в конце 2022 г. генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2035 г. [5] предусмотрено строительство 7 ГЭС общей мощностью 3,4 ГВт и 4 ГАЭС общей мощностью около 3 ГВт. В более далекой перспективе, к 2050 г., прирост мощности объектов гидроэнергетики может превысить 20 ГВт [6, 7]. Стратегическая значимость гидроэнергетики





для энергоснабжения страны нашла отражение в ряде государственных решений, включая поручения Президента РФ об утверждении план-графика строительства ГЭС на территории РФ, о развитии гидроаккумулирующих электростанций, о разработке программы развития энергетических мощностей в ДФО до 2050 г.

Вопрос экономической эффективности развития гидроэнергетики, безусловно, является важным для обоснования принятия конкретных инвестиционных решений (особенно с учетом высоких капитальных затрат и больших сроков строительства объектов). Однако здесь нельзя ограничиваться упрощенными подходами на основе простого расчета удельной дисконтированной стоимости производства электрической энергии (LCOE). Оценка эффективности развития ГЭС в энергосистеме требует моделирования перспективных балансов генерирующей мощности и электроэнергии, а также централизованного тепла. Это особенно важно для восточных регионов страны, где новые ГЭС совместно с газовыми или угольными котельными и электрокотельными в отдельной схеме теплоснабжения становятся основными конкурентами для угольных ТЭЦ. Эффективность использования маневренных и регулировочных возможностей ГЭС дополнительно требует моделирования динамики внутрисуточных балансов в разные сезоны.

Усть-Среднеканская ГЭС
Источник: *hydropower.ru*



Экономическая эффективность производства энергии на ГЭС (объектовая и общесистемная) может быть дополнена критериями безопасности, низкоуглеродности, долговечности энергоснабжения, материалоемкости (в т. ч. по использованию критических материалов). Пример такого анализа, проведенного экспертами Сколтеха [8] показывает, что ГЭС имеют одни из лучших в отрасли показателей в такой системе оценочных координат.

Большинство объектов гидроэнергетики – это крупные инвестиционные проекты, реализация которых оказывает влияние на развитие экономики региона размещения, создавая существенную прибавку добавленной стоимости валового регионального продукта (ВРП). Создаются новые рабочие места. На период строительства, а это срок порядка десятилетия, в зависимости от размера ГЭС привлекается до 10 000 человек на 1 ГВт вводимой мощности. В процессе строительства ГЭС расширяются существующие и строятся новые дороги, прокладываются новые тоннели. Дороги, проходящие по плотинам ГЭС, являются трассами регионального и федерального значения, и возведение новых плотин может существенно снизить стоимость развития дорожной сети за счет экономии на строительстве мостов. Новые водохранилища ГЭС являются комплексными хозяйственными объектами и, в зависимости от размещения станции, способствуют развитию сельского и рыбного хозяйства, речного транспорта (увеличивают грузопоток и пассажирооборот, в том числе за счет использования более крупных судов в верхнем течении). ГЭС и зоны водохранилищ являются потенциальным триггером развития промышленного туризма и рекреации, что способствует росту сферы услуг в регионе, появлению новой сопутствующей инфраструктуры, росту занятости в этой сфере.

Во многих случаях строительство ГЭС дает возможность регулирования стока рек и является самым эффективным методом борьбы с паводками, частота и масштабность которых (а значит, и сопутствующие экономические ущербы в региональной экономике) в условиях климатических изменений уже усиливается. Кроме этого, в водохранилищах формируется дополнительный стратегический запас воды, и значимость этого ресурса только возрастает. На водохранилищах осуществляются

комплексные меры для предотвращения застоя воды и заиливания: обновление достаточно глубокого водоема за счет периодических сбросов, контроль качества и состава воды, периодическая очистка водохранилища и профилактика эвтрофирования.

Таким образом, развитие гидроэнергетики не только обеспечивает дополнительное производство электроэнергии, маневренность и надежность работы энергосистемы, но и дает импульс развитию

стратегических разработок, в котором достаточно широко и всесторонне представлен вклад гидроэнергетики в развитие территорий и отраслей.

Кроме своей функции по замещению ископаемого органического топлива в энергобалансе, российские ГЭС являются еще уникальными поглотителями CO_2 и других парниковых газов, что позволяет дополнительно снижать углеродный след в экономике региона их размещения. Исследования, проведенные российскими



Водохранилище Гергебильской ГЭС

Источник: sportishka.com

регионов за счет комплексных социально-экономических эффектов. Это тоже важно учитывать при разработке стратегий и прогнозов социально-экономического развития регионов.

Первичный подход к стоимостной оценке данных эффектов через расчет увеличения выручки и доходов в бюджет был представлен в работе «Высшей школы экономики» «Обоснование необходимости и формирование предложений по механизмам развития гидроэнергетики», выполненной по заказу Ассоциации «Гидроэнергетика России». Данная оценка нашла свое отражение в международном аналитическом обзоре по гидроэнергетической отрасли [9], выполненном Центром

учеными (МГУ им. М. В. Ломоносова совместно с Институтом глобального климата и экологии имени Ю. А. Израэля и Институтом физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН), показали, что водохранилища ГЭС являются углеродно-отрицательными объектами, так как объемы поглощения ими парниковых газов оказались значительно больше, чем эмиссия [10, 11]. Например, выбросы метана, связанные с водохранилищем Бурейской ГЭС, составляют всего $0,026 \text{ г CO}_2\text{-экв./кВт}\cdot\text{ч}^1$, а поглощение парниковых газов водохранилищем составляет $0,97 \text{ г CO}_2\text{-экв./кВт}\cdot\text{ч}$ (в 37 раз больше объема выбросов). У Зейской ГЭС выбро-

¹ При том, что максимальной величиной удельного выброса для «зеленых технологий» является величина $100 \text{ г CO}_2\text{-экв./кВт}\cdot\text{ч}$

сы метана составляют 0,18 г CO₂-экв./кВт·ч, а поглощение водохранилищем составляет 1,81 г CO₂-экв./кВт·ч (в 10 раз больше объема выбросов).

В ряде случаев крупные ГЭС становятся причиной локальных климатических изменений, оказывая влияние на ветровые и температурно-влажностные режимы окружающих территорий. Эти последствия могут по-разному оцениваться участниками экономической деятельности и населением в различных регионах. В то же время ГЭС позволяют серьезно снизить выбросы вредных веществ в атмосферу по сравнению с альтернативными источниками энергоснабжения на базе органического топлива (особенно угля).

Все вышесказанное подчеркивает важность действительно многокритериальной системной оценки затрат и выгод, связанных с внеэнергетическими аспектами развития объектов гидроэнергетики в экономической, социальной и экологической сфере.

Методические принципы оценки внеэнергетических эффектов строительства гидроэлектростанций

Задача разработки методической базы для обоснования целесообразности развития гидроэлектростанций и масштабов государственной поддержки таких проектов была поставлена в 2022 г. поручениями комиссии Государственного совета РФ по направлению «Энергетика» и заместителя Председателя Правительства РФ А. В. Новака. В течение 2023 г. группой экспертов («РусГидро», Центром стратегических разработок, «Высшей школой экономики», Институтом энергетических исследований РАН, Ленгидропроектом, Ассоциацией «НП Совет рынка» и Ассоциацией «Гидроэнергетика России») были разработаны методические рекомендации, предлагающие единый подход по оценке разнородных эффектов при строительстве ГЭС.

Предложенный методический подход охватывает стадии строительства и эксплуатации гидроэнергетических объектов. Результаты оценки представлены в виде системы показателей по шести группам (таблица 1), отражающим в стоимостных и натуральных единицах прямое (по ста-

диям жизненного цикла ГЭС) и дополнительное влияние на экономическую, социальную, бюджетную сферу, вклад в достижение экологических целей, изменение энергообеспеченности региона размещения гидроэлектростанции. В составе экономических последствий выделены объемы предотвращенных ущербов от паводков. Также предложен интегральный оценочный показатель, отражающий комбинацию всей совокупности эффектов.

Важным методическим принципом расчета является сальдирование результирующего эффекта по каждому показателю, т. е. его величина определяется в виде разницы получаемых выгод (выигрышей)



Гидроагрегат 1, Гоцатлинская ГЭС

Источник: *elec.ru*

и сопутствующих ущербов (расходов, затрат), возникающих в отраслях экономики и в природе на различных временных горизонтах (как при строительстве, так и при эксплуатации электростанции). Более подробно примеры такого сальдирования рассмотрены ниже, при анализе отдельных групп эффектов.

Все эффекты, связанные с влиянием на экономику региона, оцениваются в виде прироста добавленной стоимости. Это касается и противоположного эффекта. Таким образом, можно определить совокупный вклад всех стоимостных составляющих и соотнести его с ВРП региона размещения, оценить значимость проекта для экономики региона. Бюджетные эф-

№	Группа эффектов. Название эффекта	Единица измерения	Период оценки
1.	Прямые социально-экономические эффекты, связанные с жизненным циклом ГЭС:		строительство ГЭС, эксплуатация ГЭС
	– прирост добавленной стоимости, в т. ч. с выделением вклада для региона размещения	млн руб.	
	– создание новых рабочих мест и вклад в занятость в регионе размещения	чел.	
2.	– рост доходов населения в результате дополнительной занятости	млн руб.	эксплуатация ГЭС
	Дополнительные социально-экономические эффекты для других отраслей в регионе размещения ГЭС в виде прироста добавленной стоимости от увеличения экономической активности в секторах:		
3.	– водного транспорта;	млн руб.	эксплуатация ГЭС
	– автомобильного транспорта и эксплуатации дорожной инфраструктуры;		
4.	– сельскохозяйственного производства;	млн руб.	строительство ГЭС, эксплуатация ГЭС
	– туризма, рекреации и сопутствующей сферы услуг;		
5.	– рыбного хозяйства	тыс. т CO ₂ -экв.	эксплуатация ГЭС
	Противопаводковый эффект		
6.	– предотвращенные потери добавленной стоимости от нарушения экономической активности и предотвращенные затраты на ликвидацию последствий паводка	%	эксплуатация ГЭС
	Эффекты для бюджетов различных уровней:		
7.	– налоговые и неналоговые доходы федерального и регионального бюджетов;	тыс. т	эксплуатация ГЭС
	– расходы бюджета на строительство водохранилищ		
8.	Экологические эффекты:	млн м ³	эксплуатация ГЭС
	– снижение выбросов парниковых газов в регионе размещения ГЭС;		
9.	– экономия органического топлива;	%	эксплуатация ГЭС
	– увеличение запасов пресной воды		
10.	Эффекты изменения энергопроизводства в регионе	Качественная оценка: низкий/ средний/ высокий	эксплуатация ГЭС
	– ценовой эффект для оптовых потребителей электроэнергии;		
11.	– изменение уровня энергообеспеченности региона размещения ГЭС		

Таблица 1. Группы эффектов и показателей для оценки

эффекты определяются в объемах годовых поступлений и расходов (например, при финансировании работ по обустройству водохранилища ГЭС) и позволяют оценить мультипликатор для бюджетных вложений. Экологические и прочие эффекты оцениваются в натуральных или относительных показателях.

Оценка, выполняемая для конкретного проекта размещения ГЭС, может сопровождаться аналогичной оценкой для альтернативного источника – например, угольной или газовой ТЭС. В этом случае все типы эффектов для объекта гидроэнергетики оцениваются в разностях с альтернативным источником. В качестве источников исходной информации при оценке используются данные официальной статистики, нормативные значения показателей, утвержденных правовыми актами Россий-

ской Федерации, данные из предпроектной и проектной документации, при необходимости применяются экспертные оценки, полученные из публичных источников. При оценке эффектов используются актуальные Прогнозы социально-экономического развития Российской Федерации на средне- и долгосрочный период и параметры развития электроэнергетики, предусматриваемые действующими схемой и программой развития электроэнергетических систем России, и генеральной схемой размещения объектов электроэнергетики.

Ниже каждая из групп оцениваемых эффектов рассматривается более подробно.

Прямые социально-экономические эффекты учитывают влияние строительства и эксплуатации новых ГЭС на ВРП и социальную сферу региона непосредственного

размещения гидроэнергетического объекта, а также эффекты, формируемые в других субъектах Российской Федерации.

На стадии строительства прирост добавленной стоимости связан с освоением капиталовложений и ростом выпусков в смежных отраслях промышленности и строительного сектора (за вычетом импорта оборудования и услуг). Важно отметить, что высочайшая локализация инвестиционной фазы проектов ГЭС позволяет максимизировать вклад соответствующих капитальных затрат в рост российской экономики. Региональная составляющая (вклад в ВРП региона размещения) определяется долей капитальных затрат, осваиваемых местными поставщиками оборудования, материалов, строительных услуг. На стадии эксплуатации данные эффекты определяются ежегодным объемом добавленной стоимости производства электроэнергии.

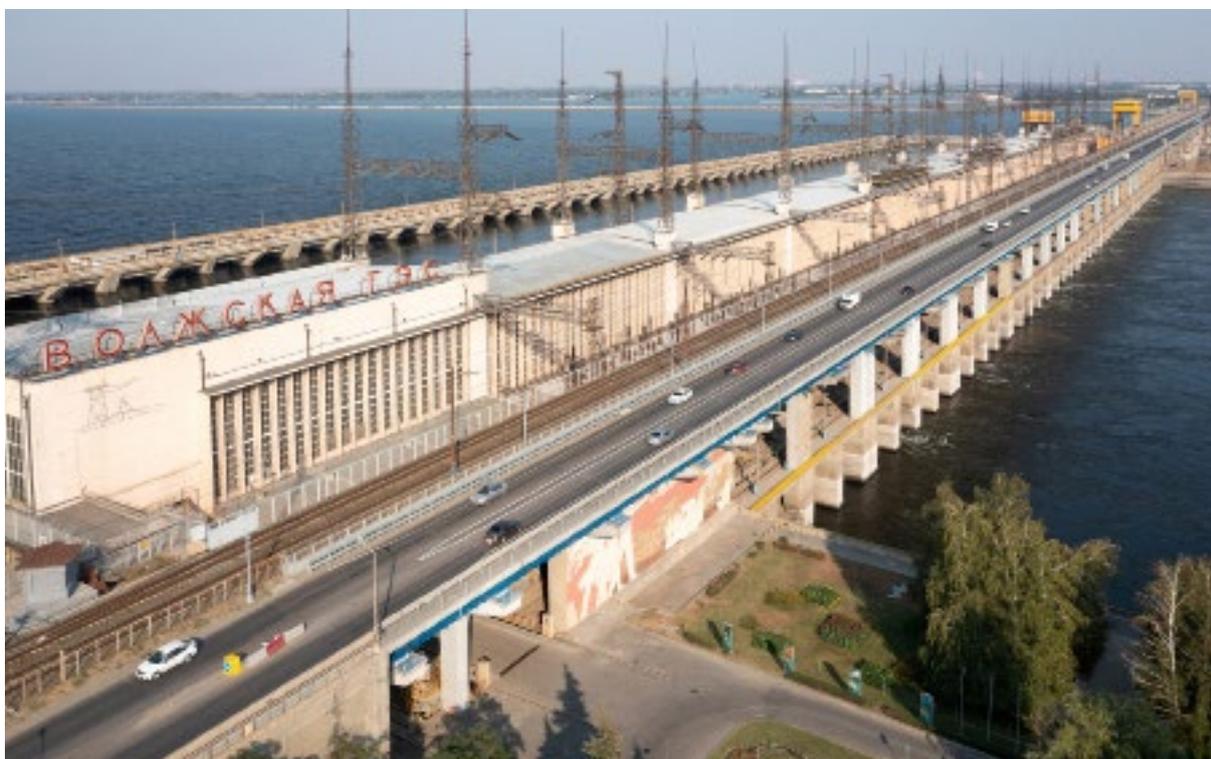
Влияние на занятость оценивается, исходя из общего увеличения рабочих мест в регионе размещения, инициированного строительством и эксплуатацией новой ГЭС (по проектным данным или типовым отраслевым удельным показателям). При этом оценивается региональная составляющая эффекта, объем привлечения

Экономическая эффективность производства энергии на ГЭС может быть дополнена критериями безопасности, низкоуглеродности, долговечности энергоснабжения, материалоемкости и т. д.

местных жителей. Длительный период строительства гидроэлектростанции позволяет обеспечить долговременный уровень дополнительной занятости. Исходя из полученных объемов дополнительной занятости и средней заработной платы, определяются дополнительные доходы населения в регионе размещения ГЭС и их долевой вклад в показатель регионального душевого дохода. Менее формализуемым, но также значимым социально-экономическим эффектом, является улучшение общего качества жизни в районе размещения станции, развитие жилой и социальной инфраструктуры для

Дорога через Волжскую ГЭС

Источник: kirov.bkdrf.ru



Строительство ГЭС дает возможность регулирования стока рек и является самым эффективным методом борьбы с паводками, частота и масштабность которых в условиях изменений климата усиливается

строителей и энергетиков, увеличение количества, а также квалификации трудовых ресурсов региона.

Дополнительные социально-экономические эффекты для других отраслей в регионе размещения ГЭС по аналогии с прямыми эффектами рассчитываются путем оценки выпусков (продукции, услуг, товарно-транспортной работы) и соответствующего прироста добавленной стоимости в таких секторах как водный и автомобильный транспорт (пассажирские и грузовые перевозки), сельское хозяйство (где сопоставляется увеличение производства за счет дополнительных водных ресурсов с возможными ущербами от затопления пахотных земель), туристская отрасль, развитие рыбного хозяйства и рыбноводства в результате дополнительного импульса за счет эксплуатации ГЭС.

Также важно отметить, что при строительстве ГЭС создается мощный строительный кластер, возможности которого (по кадрам и промышленно-строительной базе) могут быть использованы для сооружения других промышленных объектов в регионе. Это позволит создать новые точки роста в его экономике.

Для автомобильного транспорта, кроме увеличения объемов пассажирских и грузовых перевозок с использованием дорожной сети, создаваемой при строительстве ГЭС, учитывается и эффект экономии транспортных расходов в случае, если новая дорога по гребню плотины позволяет существенно сократить длину маршрутов и время в пути. В ряде проектов ГЭС учитывается, что сооружение дороги по гребню позволяет получить дополнительную экономию средств по сравнению с альтернативными вариантами строительства мостов.

Экономические выгоды, связанные с *противопаводковым эффектом*, определяются с учетом действующих методик оценки последствий от стихийных бедствий, как величина предотвращенных ущербов для отраслей экономики и населения региона размещения ГЭС, которые могли возникнуть из-за затопления территорий, прекращения или нарушения работы производств, разрушения транспортной, энергетической и прочей инфраструктуры. Эффект оценивается в стоимостном выражении для ГЭС в период ее эксплуатации.

Для расчета потенциальных ущербов от наводнений используются удельные показатели, заданные для определения стоимости ущерба по видам предприятий различных отраслей промышленности, по объектам инфраструктуры, по гидротехническим сооружениям, объектам производственного и непромышленного назначения городов и населенных пунктов, объектам сельского и лесного хозяйства, видам затрат на аварийно-спасательные работы и компенсационных затрат. В расчетах также учитывается разница в климатических условиях регионов размещения ГЭС, в том числе особенности регионов, располагаемых в зонах с муссонным климатом, которые характеризуются повышенной частотой и силой паводков и наводнений.

Важно отметить, что методика расчетов позволяет в отдельных проектах ГЭС

Угличская ГЭС

Источник: map.autogoda.ru





Конаковская ГРЭС

Источник: en.m.wikipedia.org

учесть и противоположный эффект – обеспечение в периоды засухи нужд промышленности и орошаемых сельхозугодий региона водными ресурсами благодаря водохранилищам.

Совокупные бюджетные доходы за период строительства и эксплуатации электростанции учитывают доходы федерального и консолидированного регионального бюджетов от налогов и сборов, таможенных платежей, арендных платежей за землю. В период эксплуатации ГЭС рассматривается полный перечень налогов и сборов, применяемый для этого объекта, а их ставки определяются действующим налоговым законодательством. Кроме этого, в расчете учитываются налоговые поступления от увеличения выпуска и добавленной стоимости:

- в промышленности и строительном секторе в период сооружения ГЭС;
- в других отраслях региональной экономики, обусловленные эксплуатацией ГЭС.

Чистый бюджетный эффект от проекта за период строительства и эксплуатации электростанции состоит из разницы совокупных бюджетных доходов и бюджетных расходов на строительство водохранилища ГЭС, включая выкуп земельных участков и объектов недвижимости при изъятии

земель, и его последующее поддержание.

Оценка экологических эффектов формируется из нескольких составляющих.

Во-первых, определяется прямое и косвенное снижение выбросов парниковых газов в регионе размещения. Прямое сокращение выбросов рассчитывается как сальдо-поглощение парниковых газов водохранилищами за вычетом изменения поглощения парниковых газов экосистемами (лесами) в регионе размещения ГЭС при ее строительстве с учетом компенсационных мер по восстановлению лесов. Косвенное снижение выбросов – это предотвращенные выбросы парниковых газов при производстве электроэнергии на альтернативной ГЭС. Отрицательное значение суммы двух составляющих позволяет оценить положительный вклад ГЭС в снижение выбросов парниковых газов.

Во-вторых, оценивается экономия органического топлива, как ископаемого ресурса (и потенциального источника экспортной выручки). Показатель оценивается, исходя из альтернативного варианта производства электроэнергии, вырабатываемой на ГЭС, тепловой электростанцией, с учетом ее показателей энергоэффективности (удельного расхода топлива).

В-третьих, водохранилища, формируемые в процессе создания объектов гидро-





Рис. 1. Единый интегральный эффект для Нижне-Зейской ГЭС



Рис. 2. Единый интегральный эффект для Селемджинской ГЭС

энергетики, обеспечивают стратегический запас пресной воды. Обеспеченность водными ресурсами оценивается на основании полезного² объема водохранилищ новых ГЭС.

В-четвертых, еще одним ресурсосберегающим эффектом строительства ГЭС является предотвращение забора воды из водоемов на технологические нужды, который потребовался бы для альтернативной ТЭС.

Эффекты изменения энергопроизводства в регионах размещения ГЭС охватывают два основных направления оценки: ценовой эффект и изменение уровня энергообеспечения региона размещения ГЭС.

Для укрупненной оценки ценового эффекта электроэнергии по применяемым формулам для объектов ДПМ ГЭС и АЭС рассчитывается среднегодовой платеж за мощность для возводимой электростанции за период, равный 20-ти годам, начиная с года ввода объекта в эксплуатацию. Данный показатель позволяет оценить абсолютное значение уровня дополнительной ценовой нагрузки на потребителей электроэнергии и мощности

соответствующей ценовой зоны, не относимых к населению. Приведение суммы платежа за мощность к ценам базового года осуществляется с использованием индекса потребительских цен.

Изменение уровня энергообеспеченности региона размещения ГЭС оценивается: по обеспеченности электроэнергией и по обеспеченности органическим топливом для альтернативной ТЭС. В первом случае оценивается масштаб сокращения энергодефицитности или рост энергоизбыточности региона после ввода ГЭС с учетом существующего уровня потребления электроэнергии и его прогнозного изменения. Во втором случае оценивается аналогичный показатель изменения дефицитности/избыточности по топливу с учетом существующего объема его местной добычи. Изменение уровня энергообеспе-

Особенностью экономики крупных проектов ГЭС является потребность в серьезных инвестициях, но при этом они становятся наиболее долговременным источником чистой и недорогой энергии

² Полезный объем – это объем водохранилища, который используется для различных хозяйственных (т. е. полезных) целей: подачи воды на орошение, увеличения в маловодный период расходов и уровней воды в нижнем бьефе и т. п. Расположен между отметками НПУ (наивысший уровень воды, который может поддерживаться в течение длительного времени в условиях нормальной эксплуатации) и УМО (низший уровень, до которого может срабатываться водохранилище при нормальном условии эксплуатации).

ченности региона размещения ГЭС оценивается только для регионов в составе ЕЭС и не применяется для изолированных ЭЭС.

Примеры многокритериальной оценки проектов ГЭС с учетом внеэнергетических эффектов

Для нормирования эффектов, выраженных в разных единицах измерения (стоимостные и натуральные) предложена система расчёта итогового интегрального показателя комплексного социально-экономического эффекта ГЭС с итоговой пятибалльной шкалой.

Единый интегральный нормированный показатель состоит из 5 групп эффектов:

1. Экономический эффект (прямые экономические эффекты и противоположный эффект) учитывается с весом 40%.
2. Бюджетный эффект учитывается с весом 30%.

3. Социальный эффект (влияние на занятость) учитывается с весом 10%.
4. Отраслевой эффект (дополнительные эффекты в других отраслях) учитывается с весом 10%.
5. Экологический эффект (в части выбросов парниковых газов) учитывается с весом 10%.

Результаты расчетов вышеперечисленных общехозяйственных социально-экономических эффектов на примере проектов строительства Нижне-Зейской (400 МВт) и Селемджинской ГЭС (100 МВт) в Амурской области наглядно продемонстрировали, что величина прямого и косвенного эффектов для развития территорий и смежных отраслей от реализации гидроэнергетических объектов существенно превышает запрашиваемые величины государственной поддержки.

Так, суммарный экономический эффект, рассчитанный за 30 лет, который состоит из вклада в прирост регионального валового продукта и противоположного эффекта, в 3–4 раза больше инвестиционных затрат на строительство ГЭС. В соответствии с проведенным расчетом, суммарный экономический эф-

Таблица 2. Оценка интеграционных эффектов для Селемджинской и Нижне-Зейской ГЭС (на период строительства и 30 лет эксплуатации)

№	Направление эффекта	Ед. изм.	Селемдж. ГЭС (100 МВт)	Нижне-Зейская ГЭС (400 МВт)
	Единый интегральный эффект	балл	4,3	4,6
I	Экономический эффект – всего, в т. ч.	млн руб.	211 269	222 418
	– прирост добавленной стоимости при строительстве и эксплуатации ГЭС	млн руб.	147 463	175 142
	– противоположный эффект	млн руб.	63 806	47 276
	Отношение экономического эффекта к капитальным вложениям в ГЭС	раз	3,8	3,4
II	Бюджетный эффект – всего, в т. ч.	млн руб.	61 654	78 520
	– налоговые и неналоговые доходы консолидированного бюджета	млн руб.	71 275	86 234
	– расходы бюджета на строительство водохранилищ	млн руб.	- 9 621	- 7 714
	Отношение бюджетных доходов к капитальным вложениям в водохранилище	раз	7	11,2
III	Социальный эффект	чел.	4 650	3 100
	Отраслевой эффект – всего, в т. ч. в секторах	млн руб.	2 034	3 699
IV	– водного транспорта	млн руб.	21	59
	– автомобильного транспорта и эксплуатации дорожной инфраструктуры	млн руб.	72	23
	– сельскохозяйственного производства	млн руб.	512	1 947
	– туризма, рекреации и сопутствующей сферы услуг	млн руб.	873	873
	– рыбного хозяйства	млн руб.	556	797
	Отношение отраслевого эффекта к капитальным вложениям в ГЭС	%	3,6%	5,7%
V	Экологический эффект	тыс. т CO ₂ -экв.	-12 747	-57 392

фект от строительства Нижне-Зейской и Селемджинской ГЭС составляет более 400 млрд руб. Поскольку срок жизни гидроэнергетического объекта еще больше – до 100 лет, указанные величины будут еще значительней.

Бюджетный эффект, который складывается из суммы выплат в бюджеты всех уровней (федеральный и региональный), в расчете на 30 лет превышает в 6–10 раз требуемого бюджетного финансирования на строительство водохранилищ – объек-

Добавленная стоимость в этих отраслях от появления Нижне-Зейской ГЭС и Селемджинской ГЭС составит около 7,6 млрд руб. за 30 лет.

Важно отметить высокий экологический эффект, который выражается в снижении выбросов парниковых газов в регионе размещения ГЭС с учетом поглощающей возможности гидроэнергетических объектов. Только прямое снижение эмиссии – сальдо-поглощение водохранилищами Нижне-Зейской и Селемд-



Нижне-Зейская ГЭС

Источник: triptonkosti.ru

тов федеральной собственности. Так, для Нижне-Зейской и Селемджинской ГЭС бюджетный эффект суммарно оценивается в 140 млрд руб.

Строительство крупных ГЭС приводит к положительному социальному эффекту, который заключается в формировании запроса на квалифицированные рабочие места. В частности, на строительство этих 2-х ГЭС требуется привлечение более 8 тыс. человек в пиковые периоды строительства.

Совокупный отраслевой эффект для иных отраслей в регионе размещения ГЭС: водоснабжение, судоходство, сельское хозяйство, туризм составляет до 8% от инвестиционных вложений.

жинской ГЭС составит более 75 тыс. т CO_2 эквивалента ежегодно. А совокупный экологический эффект по парниковым газам составит более 2,3 млн т CO_2 -экв. ежегодно. Помимо сальдо-поглощения водохранилищами, он учитывает также изменение поглощения ПГ экосистемами (упущенные объемы поглощений лесами и дополнительные объемы поглощений в результате компенсационных лесовосстановительных работ) и предотвращенные выбросы от сжигания топлива в случае строительства вместо ГЭС альтернативной ТЭС. Суммарный запас пресной воды Нижне-Зейского и Селемджинского водохранилища оценивается в 9170 млн m^3 .

Заключение

Строительство гидроэнергетических объектов занимает длительное время: от проектирования до ввода объекта в эксплуатацию проходит 10–12 лет. При этом и эксплуатируются ГЭС также длительное время, а после истечения срока окупаемости ГЭС обеспечивают снижение цены на рынке за счет отсутствия топливной составляющей и длительного срока эксплуатации. Поэтому особенно важно рассматривать гидроэнергетику, как ключевой ресурс для эффективного долгосрочного планирования сценариев низкоуглеродного развития экономики страны. Особенностью экономики капиталоемких проектов ГЭС является потребность в крупных инвестиционных вложениях, но при этом они становятся наиболее долговременным источником чистой и недорогой электроэнергии. В этой связи полезно вспомнить системный подход к планированию развития гидроэлектростанций (реализованный в СССР, США и в Китае), когда ГЭС рассматриваются, как составная часть комплексных планов регионального развития, размещения производительных сил и источников их энергообеспечения. В наибольшей степени такой подход востребован для Дальнего Востока нашей страны.

С учетом значимых внеэнергетических эффектов для развития территорий и отраслей важно осуществлять

более широкую государственную поддержку в реализации данных проектов, балансируя интересы и государства, и потребителей, и инвесторов. С учетом законодательного статуса водохранилищ, как объектов государственной собственности, обоснованным является бюджетная поддержка проектов гидростроительства в этой части. Расширение бюджетных расходов на софинансирование затрат по строительству водохранилища (а также на обеспечение более привлекательных условий по кредитованию строительства ГЭС) целесообразно рассматривать в увязке с оценкой масштабов возникающих в регионе внеэкономических эффектов. Разработанная методика количественной оценки и качественного анализа разнородных эффектов, связанных с развитием ГЭС, может использоваться для ранжирования проектов, причем с расширением и на альтернативные варианты (ТЭС, АЭС). Полученные оценки могут применяться, в том числе для обоснования решения о строительстве новых ГЭС, подготовки соглашений о намерениях с администрацией региона размещения электростанции, определения и привлечения механизмов государственной поддержки проектов по строительству новых ГЭС, поиска источников финансирования строительства новых ГЭС, а также в качестве дополнения в предпроектных и проектных работах.

Использованные источники

1. Сизов А. А. Развитие гидрогенерации как фактор современных трансформаций международных отношений // *Международные отношения*. 2023. № 3. С. 81–97.
2. Сидоренко Г. И., Того И. Анализ топливно-энергетических ресурсов Африки и роль гидроэнергетики // *Гидротехническое строительство*. 2020. № 6. С. 44–55.
3. Лушников О. Г. Российская гидроэнергетика в условиях глобальных вызовов и мировых трендов. Интервью О. Г. Лушниковой // *Гидротехника*. 2022. № 1(66). С. 45–49.
4. Михайлов В. Е., Иванченко П. П., Прокопенко А. Н. Современное состояние гидроэнергетики и гидротурбостроения в России и за рубежом // *Теплоэнергетика*. 2021. № 2. С. 5–15.
5. Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 г. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 30 декабря 2022 года №4384-р.
6. Веселов Ф. В., Маширова О. В., Радченко Т. А., Бердников Р. Н., Волкова И. О., Сасим С. В. Системный взгляд на эффективность развития гидроэнергетики России // *Энергетическая политика*. 2024. №1.
7. «Сценарий развития электроэнергетики России до 2050 года предусматривает сохранение текущей доли выработки ГЭС на уровне 20%» сайт *EnergyLand.info*, 14.10.2022 г. [Электронный ресурс] <https://energyland.info/analitich-show-234860> (дата обращения 18.12.2023 г.).
8. Свежий взгляд на межтопливную конкуренцию. *Сколтех*. 2023 [Электронный ресурс] <https://new.skoltech.ru/news/svezhij-vzglyad-na-mezhtoplivnyuyu-konkurenciyu-obzor-centra-po-energoperehodu-skolteha?ysclid=Iq0m2fkhw925714803> (дата обращения 18.12.2023 г.).
9. Гидроэнергетика России и зарубежных стран. Фонд ЦСР. Декабрь 2022. [Электронный ресурс] <https://www.csr.ru/upload/iblock/355/4of2a28shu3m69je7stnbk0lc2lt5knt.pdf> (дата обращения 18.12.2023 г.).
10. Гречушникова М. Г., Школьный Д. И. Оценка эмиссии метана водохранилищами России // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2019. № 2. С. 58–71.
11. Гречушникова М. Г., Репина И. А., Фролова Н. Л. и др. Содержание и потоки метана в Волжских водохранилищах // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2023. Т. 87. № 6. С. 899–913.